

JP9105755

Publication Title:

AFM CANTILEVER AND ITS MANUFACTURE

Abstract:

Abstract of JP 9105755

(A) PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an AFM(atomic force microscope) cantilever in which the side wall of the hole of a sample can be observed without bringing the tip of a cantilever beam or the side surface of a probe part into contact with the sample. SOLUTION: In the AFM cantilever 100 formed out a cantilever 101, a probe part 102 provided on the tip part of the cantilever 101, and a support part 104 provided on the base part of the cantilever 101, the probe part 102 is formed on the terminal part of the cantilever 101 so as to have an obtuse angle to the cantilever 101, projections 103a-103c are provided on the tip part of the probe part 102, and one of them is formed as to be parallel to the cantilever 101 in the opposite direction to the arrangement position of the support part 104.

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-105755

(43)公開日 平成9年(1997)4月22日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 37/00			G 0 1 N 37/00	G
G 0 1 B 21/30			G 0 1 B 21/30	Z
H 0 1 J 37/28			H 0 1 J 37/28	Z
H 0 1 L 21/306			H 0 1 L 29/84	Z
			21/306	A
審査請求 未請求 請求項の数9 F D (全 14 頁)				

(21)出願番号 特願平7-288136

(22)出願日 平成7年(1995)10月11日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 長谷川 守

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 高山 美知雄

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

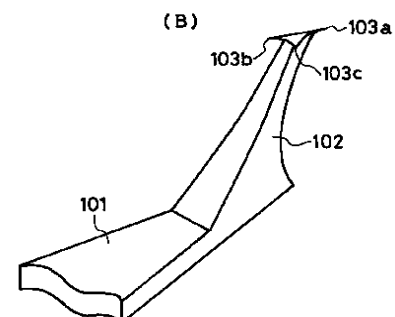
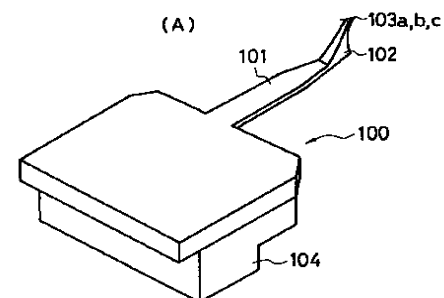
(74)代理人 弁理士 最上 健治

(54)【発明の名称】 A F Mカンチレバー及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 片持ち梁の先端や探針部の側面が試料に接触することなく、試料の穴の側壁の観察を行えるようにしたA F Mカンチレバーを提供する。

【解決手段】 片持ち梁101 と、該片持ち梁101 の先端部に設けられた探針部102 と、該片持ち梁101 の基部に設けられた支持部104 とで構成されたA F Mカンチレバー100 において、探針部102 を片持ち梁101 の末端部分に該片持ち梁101に対して鈍角になるように形成し、且つ探針部102 の先端部には突起103a~103cを設け、そのうちの一本は支持部104 の配置位置とは逆向きに片持ち梁101 に平行となるように形成する。



100: A F Mカンチレバー
101: 片持ち梁

102: 探針部
103a, 103b, 103c: 突起
104: 支持部

【特許請求の範囲】

【請求項1】 片持ち梁の支持部と、該支持部より延びるように配置された片持ち梁と、該片持ち梁の自由端であって、該片持ち梁に対して前記支持部配置側とは反対側である裏面に、該片持ち梁に対して鈍角に形成された探針部とを備え、該探針部は、その先端部分に1～4個の突起を有し、そのうちの1個は前記支持部の配置方向に対して反対方向に向けて形成されていることを特徴とするAFMカンチレバー。

【請求項2】 前記探針部は、前記片持ち梁先端角部に配置されていることを特徴とする請求項1記載のAFMカンチレバー。

【請求項3】 前記探針部の先端部分の突起は、前記片持ち梁と平行な方向に向けて形成されていることを特徴とする請求項2記載のAFMカンチレバー。

【請求項4】 前記探針部の先端部分の突起は、該探針部と直交する方向に向けて形成されていることを特徴とする請求項2記載のAFMカンチレバー。

【請求項5】 貼り合わせSOI基板に異方性エッチング処理により片持ち梁パターンを形成する工程と、湿式異方性エッチング処理により前記片持ち梁パターンを所望の厚さの片持ち梁に形成すると同時に該片持ち梁の自由端に探針部を形成する工程と、前記探針部先端にエッチング処理により突起を形成する工程と、前記基板裏面にエッチング処理により支持部を形成する工程とを有することを特徴とするAFMカンチレバーの製造方法。

【請求項6】 片持ち梁の支持部と、該支持部より延びるように配置された片持ち梁とを有し、該片持ち梁の自由端近傍に、先端周縁部が外側に拡がり且つ該先端上面が凹型形状とした柱状突起状の探針部を備えていることを特徴とするAFMカンチレバー。

【請求項7】 請求項6記載のAFMカンチレバーの製造方法において、前記柱状突起状探針部をシリコンで形成すると共に、その先端部にP型不純物拡散層を形成する工程を備えていることを特徴とするAFMカンチレバーの製造方法。

【請求項8】 前記柱状突起状の探針部は、先端周縁部に十字状に四方向に突出する尖鋭部を備え、該四方向の尖鋭部の対角線は、前記片持ち梁が支持部から延びる方向及びその直角方向と一致するように構成されていることを特徴とする請求項6記載のAFMカンチレバー。

【請求項9】 前記片持ち梁は、表面が(100)の結晶面をもつ単結晶シリコンで形成され、該片持ち梁が前記支持部から延びる方向は、該片持ち梁を構成する単結晶シリコンの<010>若しくはそれに同等の単結晶軸方向であるように構成すると共に、前記支持部は表面が(100)の結晶面をもつ単結晶シリコンで形成され、前記片持ち梁が延びる方向は、支持部を構成する単結晶シリコン<110>若しくはそれに同等の単結晶軸方向であるように構成することを特徴とする請求項6記載の

AFMカンチレバー。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】この発明は、原子間力顕微鏡(Atomic Force Microscope: AFM)に用いるAFMカンチレバー及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、導電性試料を原子サイズオーダーの分解能で観察できる装置として、走査トンネル顕微鏡(Scanning Tunneling Microscope: STM)がBinnigとRohrerらにより発明されてから、原子オーダーの表面凹凸を観察できる顕微鏡として各方面での利用が進んでいる。しかしSTMでは、観察できる試料は導電性のものに限定されている。

【0003】そこで、STMにおけるサーボ技術を始めとする要素技術を利用しながら、STMでは測定し難かった絶縁性の試料を、原子サイズオーダーの精度で観察することのできる顕微鏡として、原子間力顕微鏡(AFM)が提案されている。このAFMは、例えば特開昭62-130302号(出願人:IBM, 発明者:G. ビニッヒ, 発明の名称: サンプル表面の像を形成する方法及び装置)に開示されている。

【0004】AFMの構造はSTMに類似しており、走査型プローブ顕微鏡(SPM)の一つとして位置づけられる。AFMでは、自由端に鋭い突起部分(探針部)を持つ片持ち梁を、試料に対向、近接して配置し、探針部の先端の原子と試料原子との間に働く相互作用により、変位する片持ち梁の動きを電気的あるいは光学的にとらえて測定しつつ、試料をXY方向に走査し、片持ち梁の探針部との位置関係を相対的に変化させることによって、試料の凹凸情報などを原子サイズオーダーで三次元的にとらえることができるようになっている。

【0005】上述したようなAFM等における走査型プローブ顕微鏡(SPM)用のカンチレバーチップとしては、T.R. Albrechtらが半導体IC製造プロセスを応用して作製することのできる酸化シリコン膜製のカンチレバーを提案して以来〔Thomas R. Albrecht and Calvin F. Quate: Atomic resolution imaging of a nonconduct or Atomforce Microscopy, J. Appl. Phys. 62(1987)259 9参照〕、ミクロンオーダーの高精度で優れた再現性をもって作製することが可能になっている。またこのようなカンチレバーチップは、バッチプロセスによって作製することができ、低コスト化が実現されている。よって現在では、半導体IC製造プロセスを応用して作製されるカンチレバーチップが主流となっている。

【0006】一方、近年半導体集積回路をより集積化するため、シリコン基板にトレンチホールを形成し、その内部にキャパシタやトランジスタを形成する試みがなされている。その際、トレンチホール形状やその側壁表面の荒れが、前記キャパシタあるいはトランジスタの特性

を左右する事から、トレンチホール形成後、それらを簡便に評価する手法が望まれている。そして、このような評価をAFMにて行うために、有効な探針の形成方法をトマス・バイエルらが提案している。(特開平3-104136号公報, 出願人: IBM, 発明者: トマス・バイエル他, 発明の名称: 超微細シリコン・テップを形成する方法, 参照)

【0007】上記公報開示の探針形成方法を、図38の(A)～(D)を参照しながら説明する。スタート基板として酸化シリコン膜を表面に形成したシリコン基板を用い、探針を形成するための一般に円形のパターンを酸化シリコン膜に転写し、この酸化シリコン膜をマスクとしてシリコン基板を異方性RIE処理することにより、図38の(A)に示すように、シリコン基板1101に柱状突起軸1102を形成する。なお1103は酸化シリコン膜マスクである。次に、前記柱状突起軸1102の側壁を浅く等方性エッチング処理することにより、図38の(B)に示すように、突起軸径を小さくすると共に、軸下部に円錐形の基部1102aを形成し、突起軸の機械的安定性を向上させる。次に、異方性湿式エッチングを施すことにより、図38の(C)に示すように、酸化シリコン膜マスク1103の真下に負の断面形状部1102bを形成する。最後に酸化シリコン膜マスク1103を除去することにより、図38の(D)に示すように、先端が外側に拡がった形状の探針1104が形成される。

【0008】このように先端が外側に拡がった形状の探針を用いることにより、負の勾配角をもつトレンチホール形状やその側壁が測定可能となる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図39の(A)、(B)は、先に述べた方法により作製されたAFMカンチレバーで、1201は片持ち梁、1202は探針部、1203は探針部先端の突起を示している。探針部1202は片持ち梁1201の先端部より若干内側に形成されている。これは前記作製方法のように、探針部と片持ち梁部を順次形成しているためである。

【0010】AFMでは、試料観察時にカンチレバーを通常十数度傾けて走査する。そのため、図39の(C)に示すように、片持ち梁1201の先端部1201aと試料1211の表面1212とが接触したり、探針部1202の側面1202aと試料の穴1213の角部1214とが接触して、深穴の観察の妨げとなっていた。

【0011】また、前述したトマス・バイエルらが提案したAFMカンチレバーの探針部は、前記作製方法からわかるように、その先端面が平面である。したがって、そのような探針部を用いてトレンチホール底部の側壁を測定した場合は、探針部先端面とホール底との相互作用により、測定分解能が著しく減少してしまうという問題点がある。

【0012】本発明は、従来の側壁観察用AFMカンチ

レバーにおける上記問題点を解消するためになされたもので、側壁の観察に要求される片持ち梁形状と探針部形状を満足するAFMカンチレバー及びその製造方法提供することを目的とし、各請求項記載の発明毎の目的を述べると次の通りである。請求項1記載の発明は、探針部の側面部分が試料の穴の角部に接触しないようにしたAFMカンチレバーを提供することを目的とする。請求項2記載の発明は、片持ち梁の先端が試料に接触しないようにしたAFMカンチレバーを提供することを目的とする。請求項3記載の発明は、試料の穴の側面、底部の角、底面を観察可能なAFMカンチレバーを提供することを目的とする。請求項4記載の発明は、試料の側壁の情報を観察可能なAFMカンチレバーを提供することを目的とする。請求項5記載の発明は、請求項1～4記載のAFMカンチレバーを簡単に制御性よく製造する方法を提供することを目的とする。請求項6記載の発明は、先端が外側に拡がっているトレンチホール側壁評価に適した探針部をもつAFMカンチレバーにおいて、トレンチホール底部における側壁観察の分解能を向上させることを目的とする。請求項7記載の発明は、請求項6記載のAFMカンチレバーを容易に作製可能なAFMカンチレバーの製造方法を提供することを目的とする。請求項8記載の発明は、分解能をより向上させたAFMカンチレバーを提供することを目的とする。請求項9記載の発明は、請求項6～8記載のAFMカンチレバーを容易に精度よく実現することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するため、請求項1記載の発明は、片持ち梁の支持部と、該支持部より延びるように配置された片持ち梁と、該片持ち梁の自由端であって、該片持ち梁に対して前記支持部配置側とは反対側である裏面に、該片持ち梁に対して鈍角に形成された探針部とを備え、該探針部は、その先端部分に1～4個の突起を有し、そのうちの1個は前記支持部の配置方向に対して反対方向に向けて形成してAFMカンチレバーを構成するものである。この構成により、測定状態で探針部側面部分が試料の穴の角部にあたるのを防止することができる。

【0014】請求項2記載の発明は、請求項1記載のAFMカンチレバーにおいて、探針部を片持ち梁の先端の角部に設けて構成するものである。これにより、片持ち梁の先端が試料に接触するのを回避することができる。

【0015】請求項3記載の発明は、請求項2記載のAFMカンチレバーにおいて、探針部の先端部分の突起を片持ち梁と平行な方向に向けて形成するものである。この構成により、試料の穴の側面はもちろん、底面(表面)や、角の内側を走査して観察することも可能となる。

【0016】請求項4記載の発明は、請求項2記載のAFMカンチレバーにおいて、探針部の先端部分の突起を

探針部と直交する方向に向けて形成するものである。これにより、探針部を傾けた場合にも探針部の先端部分の突起を試料側面に垂直に接触させることが可能となり、試料の側壁が観察可能となる。

【0017】請求項5記載の発明は、貼り合わせSOI基板に異方性エッチング処理により片持ち梁パターンを形成する工程と、湿式異方性エッチング処理により前記片持ち梁パターンを所望の厚さの片持ち梁に形成すると同時に該片持ち梁の自由端に探針部を形成する工程と、前記探針部先端にエッチング処理により突起を形成する工程と、前記基板裏面にエッチング処理により支持部を形成する工程とでAFMカンチレバーの製造方法を構成するものである。これにより請求項1～4記載のAFMカンチレバーを容易に制御性よく製造することができる。

【0018】請求項6記載の発明は、片持ち梁の支持部と、該支持部より延びるように配置された片持ち梁とを備え、該片持ち梁の自由端近傍に、先端周縁部が外側に拡がり且つ該先端上面が凹型形状とした柱状突起状の探針部を設けてAFMカンチレバーを構成するものである。このように探針部を構成することにより、トレンチホール底部においてもホール底と探針部先端上面との相互作用が小さいため、ホール側壁を高分解能で測定することが可能となる。

【0019】請求項7記載の発明は、請求項6記載のAFMカンチレバーの製造方法において、前記柱状突起状探針部をシリコンで構成すると共に、その先端部にP型不純物拡散層を形成する工程を備えるものである。P型不純物を拡散したシリコン層は異方性湿式エッチングにおいてエッチングレートが低下するので、このように柱状突起先端部にP型不純物拡散層を設けた後、柱状突起を異方性湿式エッチング処理することにより、側壁観察に適している先端が外側に拡がった探針部を容易に形成することが可能となる。

【0020】請求項8記載の発明は、請求項6記載のAFMカンチレバーにおいて、前記柱状突起状の探針部は、先端周縁部に十字状に四方向に突出する尖鋭部を備え、該四方向の尖鋭部の対角線は、前記片持ち梁が支持部から延びる方向及びその直角方向と一致するように構成するものである。このように先端周縁部に十字状の尖鋭部を構成することにより、試料面に接する探針部先端の表面積は従来のものよりも小さくなるので、側壁観察分解能が更に向上する。またその尖鋭部を片持ち梁が支持部より延びる方向及びその直角方向に配備することにより、探針部先端が試料面から受ける力を最も効率よく片持ち梁の反りあるいはねじれの変位に変換できるため、側壁観察分解能が向上する。

【0021】請求項9記載の発明は、請求項6記載のAFMカンチレバーにおいて、前記片持ち梁は、表面が(100)の結晶面をもつ単結晶シリコンで形成され、

該片持ち梁が前記支持部から延びる方向は、該片持ち梁を構成する単結晶シリコンの<010>若しくはそれに同等の単結晶軸方向であるように構成すると共に、前記支持部は表面が(100)の結晶面をもつ単結晶シリコンで形成され、前記片持ち梁が延びる方向は、支持部を構成する単結晶シリコン<110>若しくはそれに同等の単結晶軸方向であるように構成するものである。このように構成することにより、片持ち梁上に形成した探針部先端上面に異方性湿式エッチングにより逆四角錐型の凹型領域を形成した場合、探針部先端上面の4つの頂点の対角線は、自己整合的に片持ち梁が支持部より延びる方向及びその直角方向に配備される。また、支持部を四角形のマスクにて異方性湿式エッチングすることにより形成した場合、支持部の稜線が片持ち梁の延びる方向に垂直になるため、片持ち梁の長さの制御もしやすいため、請求項6～8記載のAFMカンチレバーを容易に精度よく作製することが可能となる。

【0022】

【発明の実施の形態及び実施例】次に実施例について説明する。図1は本発明に係るAFMカンチレバーの第1実施例を示す図で、図1の(A)は全体斜視図、図1の(B)はレバー先端部の拡大図である。本実施例のAFMカンチレバー100は、片持ち梁101と、該片持ち梁101の先端に設けられた探針部102と、該片持ち梁101の基部に設けられた支持部104より構成されている。探針部102は片持ち梁101の末端部分に該片持ち梁101に対して鈍角をなすように形成されている。探針部102の先端部には突起103a～103cが設けられ、そのうちの一本(103a)は支持部104の配置位置とは逆向きに、且つ片持ち梁101に平行となるように形成されている。

【0023】次に、本実施例の製造方法を、図2～図10の製造工程図に沿って説明する。図2において、200はスタート基板で、該スタート基板200は貼り合わせSOI(Silicon On Insulator)基板であり、カンチレバー形成領域200a及び支持部形成領域200bは(100)Siであり、貼り合わせ領域200cはSiO₂膜である。この基板200の表面にマスク用SiN膜211aを堆積し、裏面に支持部のマスク(Si₃N₄膜)214を形成する。次いで図3に示すように、表面側にカンチレバーパターンマスク211を形成し、これをエッチングマスクとしてカンチレバー形成領域200aを貼り合わせ領域200cまで異方性エッチングして、カンチレバーパターン201aを形成する。次に図4に示すように、カンチレバーパターンマスク(Si₃N₄膜)211を残したままカンチレバーパターン201aの側面を熱酸化処理して、SiO₂膜212を形成する。次に図5に示すように、カンチレバーパターン201a上のパターンマスク211を探針部先端の突起形成部分の探針部マスク213のみ残して除去し、シリコンよりなるカンチレバーパターン201aを露出する。

【0024】次に図6に示すように、図4で示した工程

で形成した SiO_2 膜212と図5で示した工程で残した探針部マスク213をエッチングマスクとして、 KOH 水溶液でカンチレバーパターン201aを所望の厚さまでエッチングし、片持ち梁201を得る。このとき、 KOH 水溶液は、(111)面のエッチング速度が(100)面のその400分の1であることから、片持ち梁先端部では(111)面でエッチングが停止し、その結果、探針部202が同時に形成される。このあと図7に示すように、片持ち梁側面の SiO_2 膜212を除去し、次いで図8に示すように、熱酸化処理して酸化膜(SiO_2 膜)222を成長させて、探針部202を細くしてゆくと同時に、探針部先端に突起203を形成する。最後に図9に示すように、支持部204を KOH 水溶液にて形成し、更に図10に示すように、マスク214, 213, 表面酸化膜222, 貼り合わせ領域200cを除去して、AFMカンチレバー210を完成する。

【0025】上記の方法で製造されたAFMカンチレバーは、片持ち梁と探針部を同時に形成しているため、探針部が片持ち梁の自由端先端から立ち上がった構成となっている。また、(111)面を利用して探針部を形成しているので、探針部が片持ち梁に対して鈍角に形成される。したがって、本実施例によれば、試料に対してカンチレバーを傾けて行われるAFM測定において、片持ち梁先端部あるいは探針部側面が試料に接触しないAFMカンチレバーを提供することが可能である。

【0026】なお、本実施例においては、探針部の先端部に3個の突起を有するAFMカンチレバーについて説明しているが、前記図5に示した製造工程において探針部の先端の突起形成部分のマスク213の形状を変えることにより、図11の(A)～(C)に示すように、探針部の先端に1～4個の突起203a, 203b, 203c, 203dを有するAFMカンチレバーを任意に形成することが可能である。

【0027】次に第2実施例について説明する。図12は第2実施例の探針部部分の拡大図である。本実施例は、探針部302の片持ち梁301側の側面302aと対向する反対側の側面(または辺)302bを、片持ち梁側の側面302aと平行か又はそれに近い面に形成した構成を備えているもので、その他の構成は、第1実施例と全く同じである。そして、この実施例でも探針部302の先端部に3つの突起303a, 303b, 303cを備えている。

【0028】次に、本実施例の製造方法について図13～図21に示した製造工程図に基づいて説明する。図13に示すスタート基板400は貼り合わせ SOI 基板であり、カンチレバー形成領域400a及び支持部形成領域400bは(100)Siであり、貼り合わせ領域400cは SiO_2 膜である。この基板400の表面にSiN膜411aを堆積し、裏面に支持部のマスク414を形成する。続いて図14に示すように、表面側にカンチレバーパターンマスク411を形成し、これをエッチングマスクとしてカンチレバー形成領

域400aを貼り合わせ領域400cまで、片持ち梁の長手方向に対しておよそ55度傾けた方向に、異方性エッチングしてカンチレバーパターン401aを形成する。以下、第1実施例について図4～図10に示した製造工程と同様に、図15～図21に示す製造工程を進め、最終的に図21に示すAFMカンチレバー410を得る。なお、図15～図21において、図4～図10に示した第1実施例の製造工程図の200台の符号で示した部分に対応する部分には、400台の符号を付して示している。

【0029】本実施例では、3個の突起を持つAFMカンチレバーを示しているが、第1実施例と同様に1～4個の突起を形成することが可能である。上記第2実施例によれば、よりアスペクト比が高い探針部を実現することが可能となり、深い穴や細い穴、高い側壁などの測定に有用なAFMカンチレバーを提供することが可能となる。

【0030】次に第3実施例について説明する。図22の(A)は第3実施例の探針部部分の拡大図である。本実施例では、探針部502の先端の突起503a, 503b, 503cを探針部502と直交する(111)面上に形成した構成を特徴としている。その他の構成は第1実施例及び第2実施例と全く同じであり、501は片持ち梁を示している。

【0031】本実施例によるAFMカンチレバーの製造方法は、探針部先端の突起形成部分を KOH 水溶液でエッチングして、あらかじめ(111)面を露出する工程の他は、第1実施例及び第2実施例に示した製造方法と全く同じであるので、ここでの説明は省略する。本実施例でも3個の突起を持つAFMカンチレバーを示しているが、第1実施例及び第2実施例と同様に1～4個の突起を形成することが可能である。なお、図22の(B)は図12に示した第2実施例に対応する第3実施例の変形例を示している。

【0032】本実施例によれば、探針部先端の突起を、片持ち梁に対して鈍角に形成された探針部と垂直に形成することが可能となる。したがって、AFM測定時に探針部の突起を試料に垂直に対向させることが可能となり、測定精度が向上する。

【0033】次に第4実施例について説明する。図23は第4実施例を示す図で、図23の(A)は横断面、図23の(B)はその上面図である。この実施例のAFMカンチレバー600においては、探針部611, 片持ち梁612, 支持部613はいずれも単結晶シリコンで形成されており、片持ち梁612の自由端近傍に形成された探針部611は、先端部が外側に広がっていると共に、先端面には逆四角錐状の凹部615が形成されている。

【0034】また、本実施例のAFMカンチレバー600は、片持ち梁612を構成する単結晶シリコン基板と支持部613を構成する単結晶シリコン基板との間に、酸化シリコン層614が形成されており、片持ち梁612を構成する単結晶シリコン基板において、探針部611が形成され

ている面は(100)結晶面であり、片持ち梁612が支持部613から延びている方向は<010>結晶軸若しくはその等価な軸方向である。また支持部613を構成する単結晶シリコン基板において、探針部611が形成されている面と反対側の面、すなわち支持部裏面(100)結晶面であり、その支持部裏面から斜めに片持ち梁612に向かっている面は(111)結晶面である。そして支持部基板における片持ち梁612の延びている方向は、<110>結晶軸若しくはその等価な軸方向である。

【0035】図24の(A)は、本実施例の探針部を拡大して示す横断面図であり、図24の(B)はその斜視図である。次に図24の(A)、(B)を参照しながら探針部を詳細に説明する。前述したように探針部611の先端部は外側に拡がり、その先端面には逆四角錐状の凹部615が形成されている。この凹部615の表面は(111)結晶面で構成されており、探針部先端部には4つの尖鋭部616～619が形成されている。また4つの尖鋭部616～619のうち対向する2つの尖鋭部616と617を結ぶ線は、片持ち梁612が支持部613から延びる方向に沿っており、他の2つの対向する尖鋭部618と619を結ぶ線は、前記片持ち梁612が延びる方向と垂直の方向を向いている。更にまた、探針部611の先端部にはP型不純物拡散層620が形成されている。

【0036】次に、このような構成の本実施例に係るAFMカンチレバーの製法について説明する。図25～図30は本実施例のAFMカンチレバーの探針部の製造工程を示す図である。まず本実施例のAFMカンチレバーを作製するため、スタート基板として2枚の(100)シリコン基板を酸化シリコン膜を介して貼り合わせた基板、すなわち貼り合わせSOI基板を用意するが、このSOI基板を作製する際、2枚の単結晶シリコン基板の基板表面に垂直な結晶軸方向が45°互いにずれるように貼り合わせる。すなわち片方の基板の<010>若しくはそれに等価な結晶軸方向と、他方の基板の<110>若しくはそれに等価な結晶軸方向が重なるように貼り合わせる。また貼り合わせたこの2枚の基板の厚さは、一方が例えば15μmであり、これは片持ち梁及び探針部を形成する基板として使用される。そして他方の基板は例えば500μmであり、こちらは支持部の形成に使用される。更にまた、中間の酸化シリコン膜の厚さは、例えば1μmである。

【0037】次に、図25の(A)に示すように、上記SOI基板721の表面に窒化シリコン膜722を、例えば100nm形成した後、探針部を形成すべき所定の場所に四角形型の窒化シリコン膜開口部722aを形成する。この後、前記窒化シリコン膜開口部722aより基板721に異方性湿式エッチングを施すことにより、図25の(A)、(B)に示すように、逆四角錐状の凹部715を形成する。この結果、凹部715の表面には異方性湿式エッチングによって形成される(111)結晶面が露出する。

【0038】次に、図26に示すように、凹部715の表面に選択的にP型不純物拡散層720を形成する。P型不純物としては例えばボロンが用いられる。次に、この基板を酸化処理すると窒化シリコン膜開口部722aのみ選択的に酸化されるため、図27に示すように、凹部715の表面に酸化シリコン膜724が形成される。次に窒化シリコン膜722を剥離した後、前記酸化シリコン膜724をマスクとして、シリコン基板721に例えば反応性イオンエッチング(RIE)処理を施すことにより、図28に示すように、上面に凹部を持つ柱状のシリコン突起725を自己整合的に形成できる。

【0039】次に、再度異方性湿式エッチング処理を施すと、柱状突起725の径は小さくなるが、その先端部にはP型不純物拡散層720が形成されているため、異方性湿式エッチングのエッチングレートが低下するので、結果として図29に示すように、先端部のみ外側に張り出した形状となる。次に、酸化シリコン膜のガラス転移温度以下、例えば950°Cで例えば10時間処理することにより、酸化シリコン膜726を形成する。このような酸化処理を行うと尖鋭部では酸化レートが低下するため他部に比べ酸化されないで、結果として図30に示すように、前記柱状のシリコン突起725の先端部が非常に尖った形状となる。

【0040】次に、片持ち梁のマスクパターンを、前記窒化シリコン膜開口部722aにおける対角線の方向に片持ち梁が延びるように形成し、RIE処理により前記基板の中間酸化シリコン膜が露出するまでエッチング処理する。次に、片持ち梁形成面を酸化シリコン膜等で覆った後、基板裏面に四角形状の支持部マスクパターンを片持ち梁が延びている方向に向けて配備し、異方性湿式エッチング処理により裏面側から前記中間酸化シリコン膜が露出するまでエッチング処理し、最後に表面の酸化シリコン膜を剥離することにより、本実施例のAFMカンチレバーが完成する。

【0041】次に、図25～図30に示した第4実施例の製造方法の変形例を、図31～図36に基づいて説明する。図25～図30に示した第4実施例の製造方法と同様の基板を用意し、図31に示すように、基板821の表面に窒化シリコン膜822を形成した後、更にその上にRIE時のマスクとなる酸化シリコン膜827を減圧気相成長法等を用いて堆積する。その後、探針部を形成すべき所定の箇所にのみ、前記窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜が残るようにパターン形成する。次に、これをマスクとしてRIE等により基板821を異方性エッチング処理することにより、柱状突起825を形成する。

【0042】次に、エッチングマスクに用いた酸化シリコン膜827のみ除去した後、基板表面を酸化処理することにより、図32に示すように基板表面及び柱状突起825の側面に酸化シリコン膜828を形成する。次に、柱状突起825の上面に形成されている窒化シリコン膜822を除

去した後、異方性湿式エッチング処理を施すと、柱状突起825の上面のみシリコンが露出しているため、図33に示すように、そこに逆四角錐型の凹部815が形成される。次に、P型不純物拡散処理を行うことにより、図34に示すように、選択的にP型不純物拡散層820を前記凹部815の下側に形成する。

【0043】次に、前述した柱状突起825の酸化シリコン膜828を除去した後、異方性湿式エッチング処理を行うことにより、図35に示すように、第4実施例の製造方法において示した理由により、先端が外側に拡がった柱状突起形状にすることができる。次に、図25～図30に示した製造方法と同様に、酸化シリコン膜のガラス転移温度以下で酸化处理して酸化シリコン膜826を形成することにより、図36に示すように、先端部の尖った探針部を形成する。その後、図25～図30に示した製造方法と全く同様の方法によって、支持部を形成して、第4実施例と同様のAFMカンチレバーを得る。

【0044】次に、第5実施例について説明する。本実施例のAFMカンチレバーは、前述した各実施例のAFMカンチレバーにおいて、その探針部が片持ち梁に接する根元付近で太くなるように構成している点において特徴がある。このような形状にすることにより、測定時に探針が折れることが少なくなる。

【0045】次に、このような構成の探針部の製造方法について、図37の(A)～(C)の製造工程図を用いて説明する。なお探針根元部を太くする工程以外は図31～図36に示した製造方法と全く同様のため、その太くする工程のみについて説明する。図31～図36に示した製造方法における図34に示した工程まで終了した後、図37の(A)に示すように、フォトリソ膜929を柱状突起925の根元部が埋もれる程度の厚さに形成した後、柱状突起925の側壁に形成した酸化シリコン膜928をエッチング処理する。次いで、フォトリソ膜929を除去した後、第4実施例の製造方法の変形例において示したと同様に、異方性湿式エッチング処理を施すことにより、図37の(B)に示すように柱状突起925の先端が外側に拡がると共に、その根元付近が太くなる。次に、前記実施例と同様に酸化处理を施すことにより、図37の(C)に示すように先端の尖った探針部を得ることができる。

【0046】

【発明の効果】以上実施例に基づいて説明したように、請求項1記載の発明によれば、先端部分に突起を有する探針部を片持ち梁に対して鈍角に形成した構成としているので、測定状態で探針部の側面が試料にあたらないAFMカンチレバーを実現することが可能である。請求項2記載の発明によれば、探針部を片持ち梁の先端の角部に設ける構成としているので、片持ち梁の先端が試料に接触しないAFMカンチレバーを実現できる。請求項3記載の発明によれば、探針部の先端部分を片持ち梁と平行な方向に向けて形成する構成としているので、試料側

面はもちろん、底面(表面)や、角の内側を走査することも可能なAFMカンチレバーを実現できる。請求項4記載の発明によれば、探針部の先端部分の突起を探針部と直交する方向に形成する構成としているので、探針部を傾けた場合にも探針部の先端部分の突起を試料側面に垂直に接触させることが可能となり、より高精度に側壁の観察が可能なAFMカンチレバーを実現できる。請求項5記載の発明によれば、請求項1～4記載のAFMカンチレバーを簡単に制御性よく作製する方法を実現することが可能となる。

【0047】請求項6記載の発明によれば、先端周辺部が外側に拡がり且つ該先端上面が凹型形状とした柱状突起状の探針部を備えて構成しているため、トレンチホール底部における側壁観察の分解能が向上する構成のAFMカンチレバーを実現することができる。また請求項7記載の発明によれば、前記柱状突起状探針部の先端部にP型不純物拡散層を設けることにより、上記探針部の先端部が外側に拡がる形状を自己整合的に形成できるので、請求項6記載のAFMカンチレバーをきわめて容易に作製することができる。また請求項8記載の発明によれば、前記柱状突起状探針部は、先端周辺部に十字状に4方向に突出する尖鋭部を備え、該4方向の尖鋭部は試料から受ける力を最も効率よく片持ち梁の変位に変換できる位置に配備するよう構成しているため、測定分解能を一層向上させることができる。更にまた請求項9記載の発明によれば、片持ち梁の延びる方向を、 $\langle 010 \rangle$ 若しくはそれに同等な結晶軸に選んでいるため、上記4つの尖鋭部配備方向も自己整合的に決まるため、作製がきわめて容易となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るAFMカンチレバーの第1実施例を示す全体斜視図及びレバー先端部の拡大図である。

【図2】図1に示した第1実施例の製造方法を説明するための製造工程を示す図である。

【図3】図2に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図4】図3に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図5】図4に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図6】図5に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図7】図6に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図8】図7に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図9】図8に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図10】図9に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図11】第1実施例の変形例の先端部を示す拡大図である。

【図12】第2実施例の先端部を示す拡大図である。

【図13】第2実施例の製造方法を説明するための製造工程を示す図である。

【図14】図13に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図15】図14に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図16】図15に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図17】図16に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図18】図17に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図19】図18に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図20】図19に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図21】図20に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図22】第3実施例及びその変形例の先端部を示す拡大図である。

【図23】第4実施例の横断面図及び上面図である。

【図24】第4実施例の探針部の拡大横断面図及び斜視図である。

【図25】第4実施例の製造方法を説明するための製造工程を示す図である。

【図26】図25に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図27】図26に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図28】図27に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図29】図28に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図30】図29に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図31】第4実施例の他の製造方法を説明するための製造工程を示す図である。

【図32】図31に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図33】図32に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図34】図33に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図35】図34に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図36】図35に示した製造工程に続く製造工程を示す図である。

【図37】第5実施例及びその製造方法を説明するための製造工程を示す図である。

【図38】従来のAFMカンチレバーの製造方法を説明するための製造工程を示す図である。

【図39】図38で示した製造方法で作製された従来のAFMカンチレバー及びその問題点を示す説明図である。

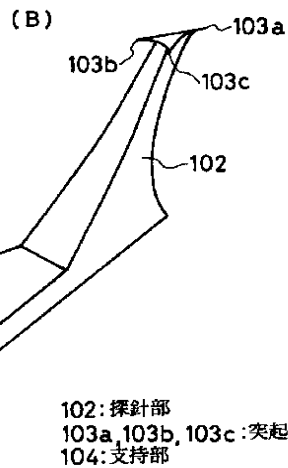
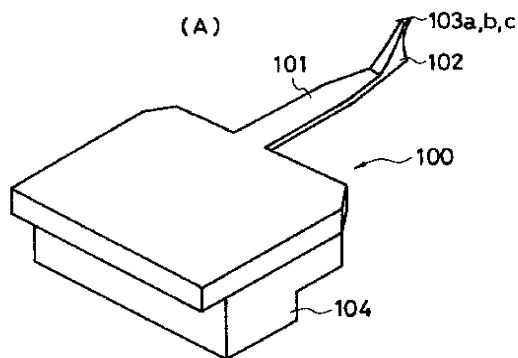
【符号の説明】

100 AFMカンチレバー
 101 片持ち梁
 102 探針部
 103a, 103b, 103c 突起
 104 支持部
 200 スタート基板
 200a カンチレバー形成領域
 200b 支持部形成領域
 200c 貼り合わせ領域
 201 片持ち梁
 201a カンチレバーパターン
 202 探針部
 203 突起
 204 支持部
 210 AFMカンチレバー
 211 カンチレバーパターンマスク
 211a SiN膜
 212 SiO₂膜
 213 探針部マスク
 214 支持部マスク
 222 酸化膜
 301 片持ち梁
 302 探針部
 302a, 302b 探針部側面
 303a, 303b, 303c 突起
 400 スタート基板
 400a カンチレバー形成領域
 400b 支持部形成領域
 400c 貼り合わせ領域
 410 AFMカンチレバー
 411 カンチレバーパターンマスク
 411a SiN膜
 412 SiO₂膜
 413 探針部マスク
 414 支持部マスク
 501 片持ち梁
 502 探針部
 503a, 503b, 503c 突起
 600 AFMカンチレバー
 611 片持ち梁
 612 探針部
 613 支持部
 614 酸化シリコン層

615 凹部
 616 ~ 619 尖鋭部
 620 P型不純物拡散層
 715 凹部
 720 P型不純物拡散層
 721 基板
 722 窒化シリコン膜
 722a 開口部
 724 酸化シリコン膜
 725 柱状突起
 726 酸化シリコン膜
 815 凹部

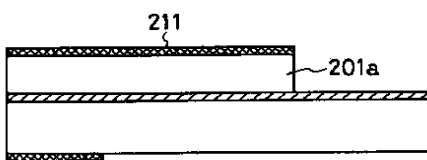
820 P型不純物拡散層
 821 基板
 822 窒化シリコン膜
 825 柱状突起
 826, 827, 828 酸化シリコン膜
 915 凹部
 920 P型不純物拡散層
 921 基板
 925 柱状突起
 928 酸化シリコン膜
 929 フォトリソグ膜

【図1】



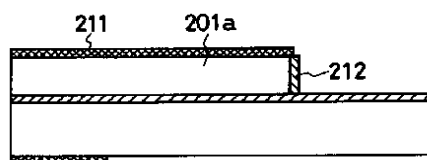
100: AFMカンチレバー
 101: 片持ち梁
 102: 探針部
 103a, 103b, 103c: 突起
 104: 支持部

【図3】



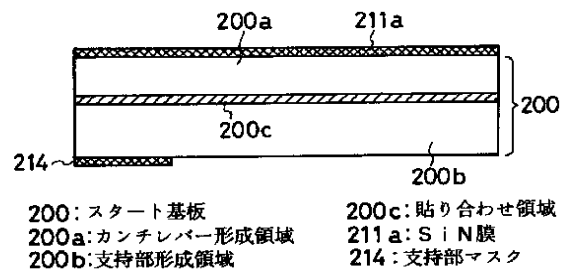
201a: カンチレバーパターン
 211: カンチレバーパターンマスク

【図4】



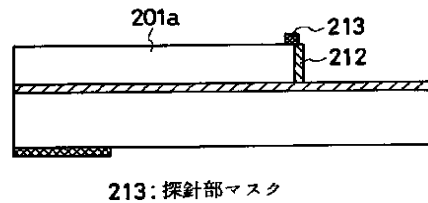
212: SiO₂膜

【図2】



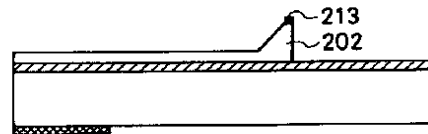
200: スタート基板
 200a: カンチレバー形成領域
 200b: 支持部形成領域
 200c: 貼り合わせ領域
 211a: SiN膜
 214: 支持部マスク

【図5】

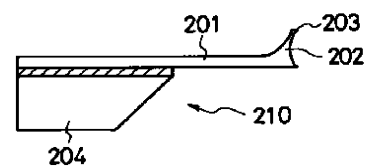


213: 探針部マスク

【図7】

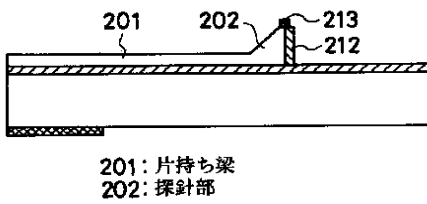


【図10】

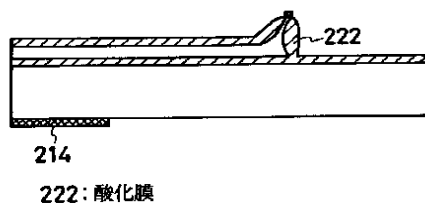


210: AFMカンチレバー
 203: 突起

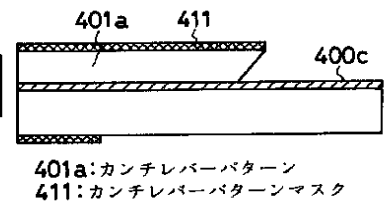
【図6】



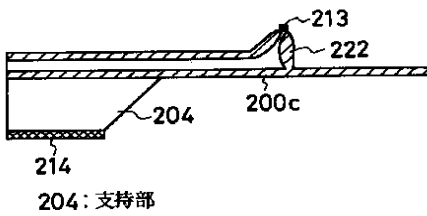
【図8】



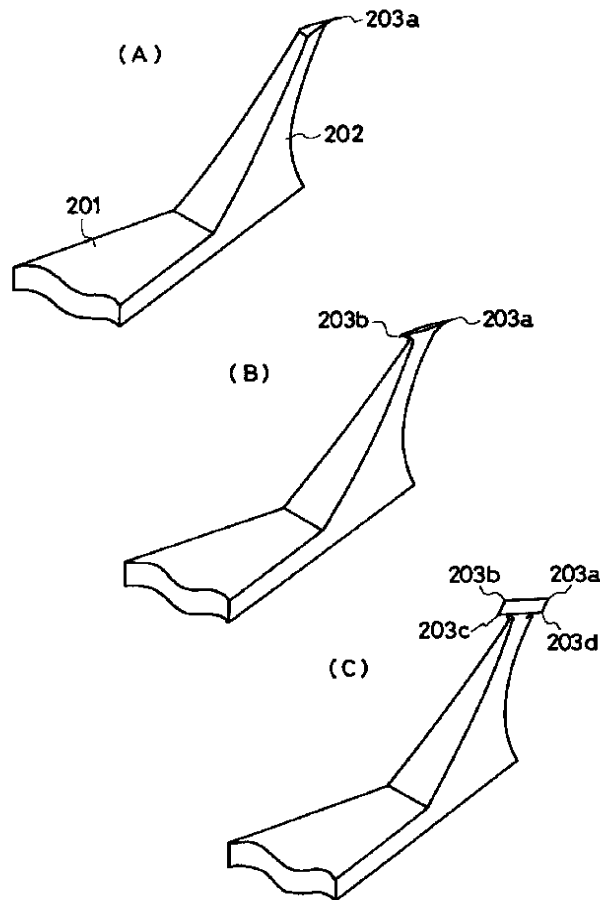
【図14】



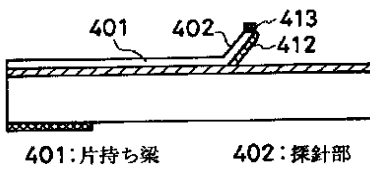
【図9】



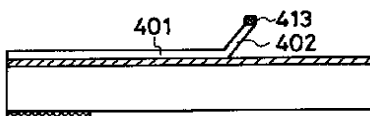
【図11】



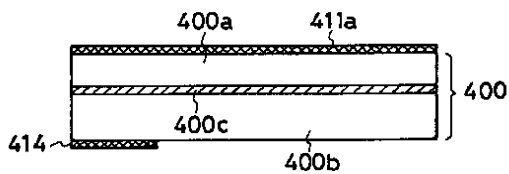
【図17】



【図18】



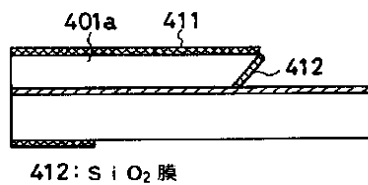
【図13】



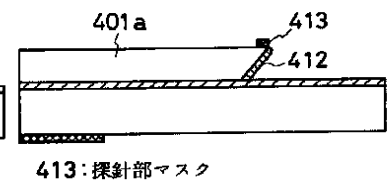
400: スタート基板
400a: カンチレバー形成領域
400b: 支持部形成領域

400c: 貼り合わせ領域
411a: SiN膜
414: 支持部マスク

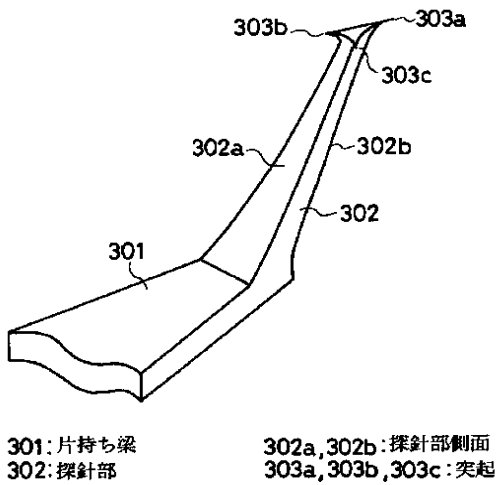
【図15】



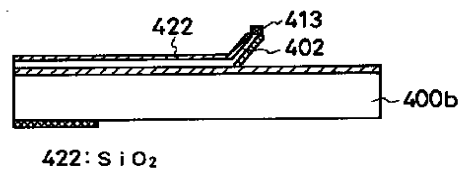
【図16】



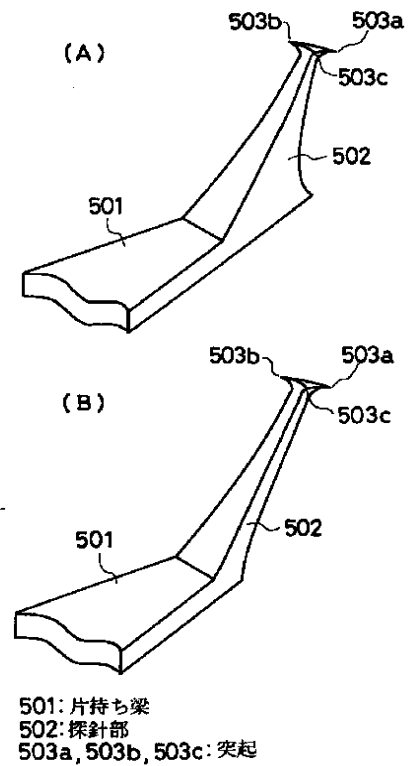
【図12】



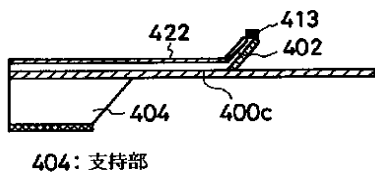
【図19】



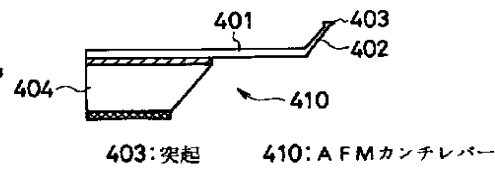
【図22】



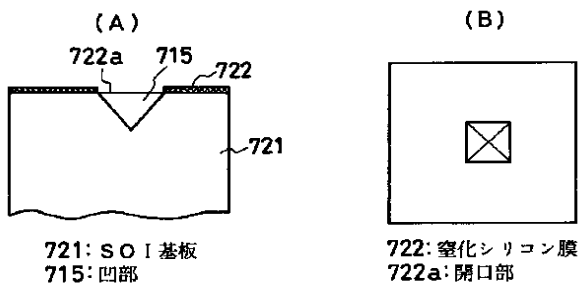
【図20】



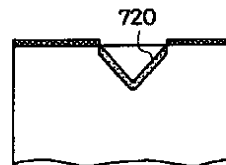
【図21】



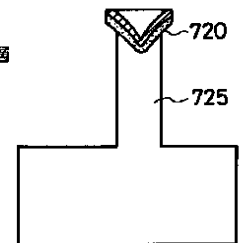
【図25】



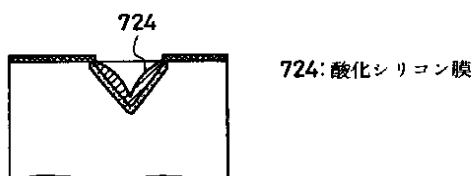
【図26】



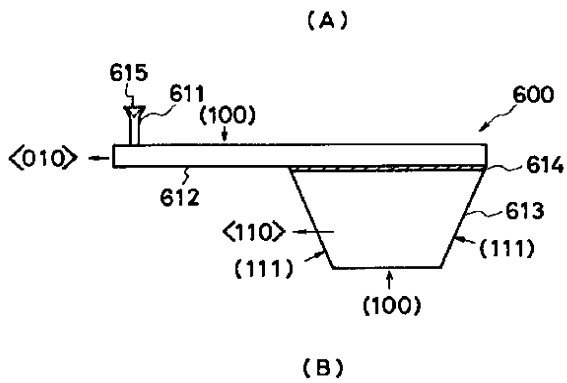
【図29】



【図27】

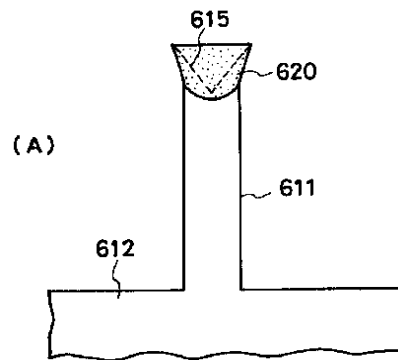


【図23】

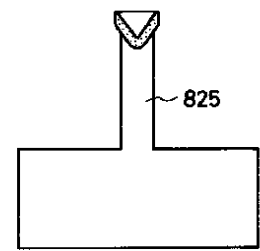


600: A FM カンチレバー
 611: 探針部
 612: 片持ち梁
 613: 支持部
 614: 酸化シリコン層
 615: 凹部

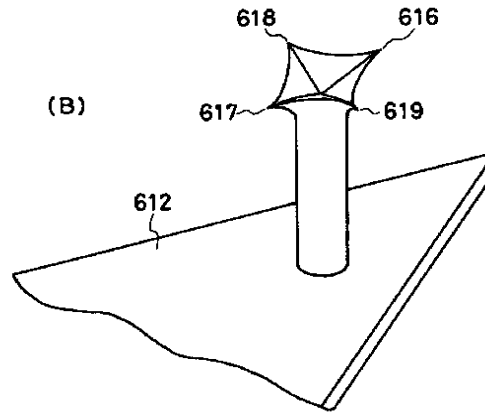
【図24】



【図35】

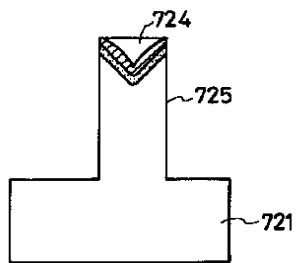


(B)



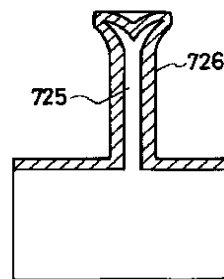
616~619: 尖鋭部
 620: P 型不純物拡散層

【図28】



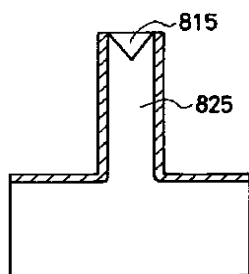
725: 柱状突起

【図30】



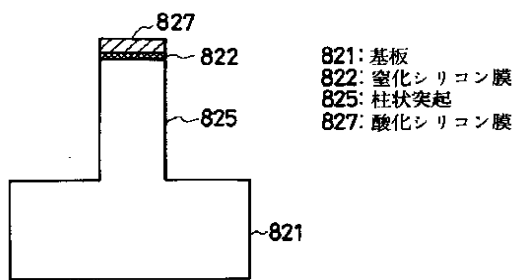
726: 酸化シリコン膜

【図33】

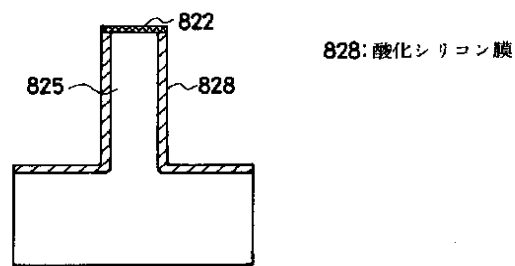


815: 凹部

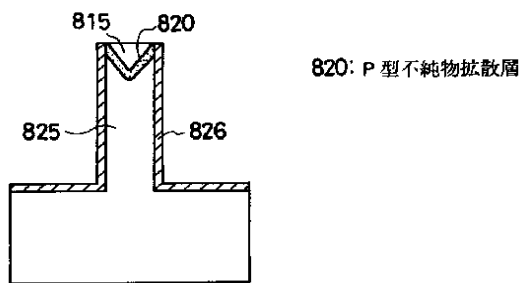
【図 3 1】



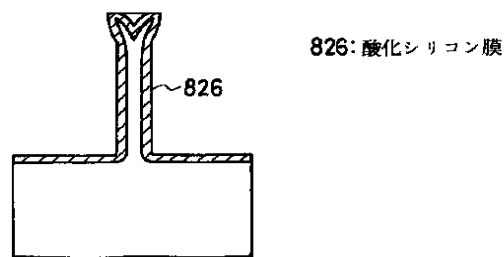
【図 3 2】



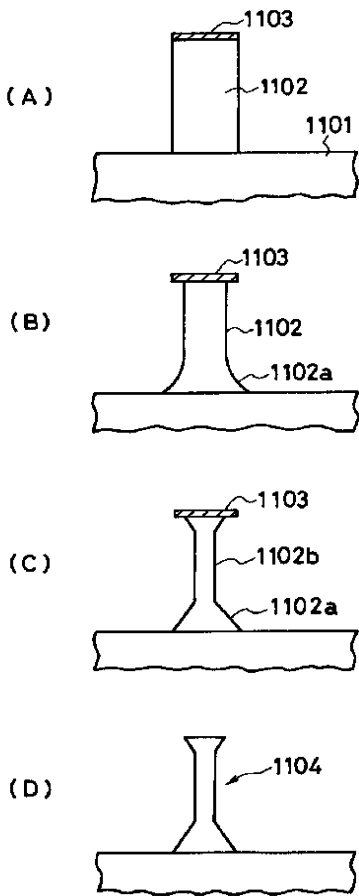
【図 3 4】



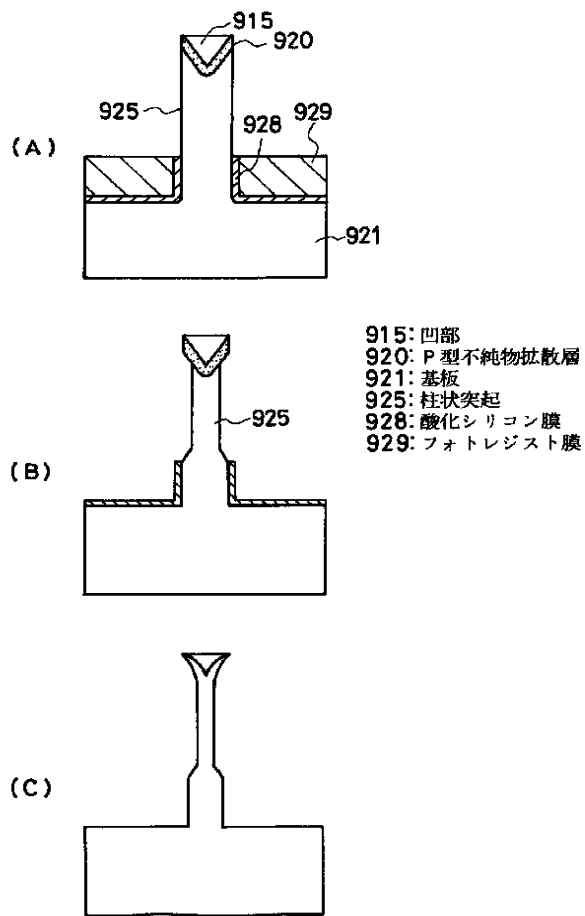
【図 3 6】



【図 3 8】



【図37】



【図39】

